

糖 瓷 工 業

目 次

第一章 搪瓷之解釋	1
第二章 搪瓷鐵器之製法大要	3
第一節 鋼片搪瓷器	3
1. 鋼片胎之製作	3
2. 釉藥之製造	3
3. 塗燒	4
第二節 鑄鐵搪瓷器	5
1. 鑄鐵胎之製作	5
2. 釉藥之製造	5
3. 塗燒	5
第三章 鐵胎之製作	7
第一節 鋼片器	7
1. 鐵片	7
2. 成形	9
3. 燒油	10
4. 酸洗	11
5. 鐵器之回復法	12
第二節 鑄鐵器	12
1. 生鐵	13
2. 成形	13
3. 清淨	13
第四章 釉藥之製造	15
第一節 調合量	15
第二節 原料	24

1. 酸性及中性耐火原料	24
2. 酸性及中性熔融原料	27
3. 鹼性耐火材料	28
4. 鹼性熔融原料	28
5. 氧化原料	29
6. 乳濁原料	29
7. 密着原料	32
8. 着色原料及顏料	33
第三節 調合、混合、熔融及粉碎	34
1. 調合、混合	34
2. 熔融	34
3. 粉碎	36
第五章 塗燒	38
第一節 塗釉及乾燥	38
1. 鋼片搪瓷器	38
2. 鑄鐵搪瓷器	39
第二節 燒成及燒成窯	42
第六章 搪瓷鐵器製品之性質	48
第一節 製品之耐久性	48
1. 密着	48
2. 化學的安定性	53
3. 耐熱性	54
第二節 製品之外觀	54
1. 光澤	54
2. 氣泡	54
3. 乳濁	54
4. 龜裂	55
5. 燒縮	55
6. 鱗斑	55
第七章 琺瑯釉藥概論	57

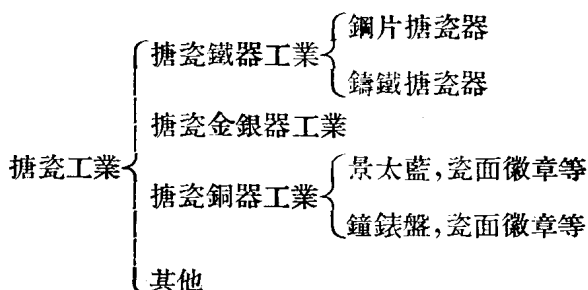
搪 瓷 工 業

第一章 搪瓷之解釋

塗燒一種玻璃質釉藥稱爲琺瑯釉者於鐵器之面，所得之器物稱爲搪瓷鐵器或琺瑯鐵器。詳言之，先塗燒對於鐵器有密着性之下琺瑯釉於鐵器上，次塗燒能使製品美觀之上琺瑯釉於下琺瑯釉上而成者也。金、銀、銅等器物上塗燒玻璃質者，自古有之，如中國景太藍，卽其例。惟此物在藝術品中雖居重要地位，然在日用品中無大價值，遂有選擇鐵等價廉而堅牢之金屬製成器物，塗燒玻璃質於其上，使之實用化之發明，乃自然之趨勢。又就另一方面言之，鐵易生銹，因之用途不廣，設法防銹使之能耐久用，亦爲勢所必然。搪瓷鐵器實爲此兩目的之生產物，有美麗的外觀，清淨的感觸，質輕而便於使用及保管，經久耐用，價格低廉，故爲一般所喜用。按搪瓷或琺瑯一語，原爲英語 enamel 之譯。惟此英語 enamel 之語源爲被覆材料 (covering material) 之意，亦用以稱塗料 (我國譯爲瓷漆)，屢易誤解。而我國譯語之搪瓷，有時係作塗燒釉藥於鐵器等之面解，有時則作其所成之器卽搪瓷器解；琺瑯亦稱搪瓷器，亦指搪瓷所用之釉藥。又各種金屬之塗燒玻璃質釉藥於其上者，有上述之景太藍、搪瓷鐵器，及近時之搪瓷鋁器等，均應稱之爲搪瓷器或琺瑯器。但一般所稱之搪瓷器或琺瑯器，多指搪瓷鐵器而言，本篇從之。其釉藥則稱爲琺瑯釉，有上琺瑯釉與下琺瑯釉之別，本篇亦簡稱上釉與下釉。

搪瓷鐵器之鐵胎，有鋼片製者、有鑄鐵製者，因之有鋼片搪瓷器與鑄鐵搪瓷器二種。前者係普通製品；後者用途不廣，未被重視。鋼片搪瓷器因其鐵胎之厚薄，又有薄片搪瓷與厚片搪瓷之分。如面盆等屬於前者，酒桶等屬於後者。此外有所謂耐酸搪瓷，爲特別施以耐酸琺瑯釉者，乃由釉藥之性質命名，與鐵胎無關也。

茲將搪瓷工業一覽列表如下：



本篇所述僅限於搪瓷鐵器工業，即限於鋼片搪瓷器及鑄鐵搪瓷器，不及其他。

〔附註〕本篇之主要參考書如下：

Stuckert: Die Emailfabrikation.

Mernagh: Enamels.

Grünwald: Theory und Praxis der Blech und Gussemail Industrie.

Danielson: Wet Process Enamels for Cast Iron.

Journals of Amer. Ceram. Society.

第二章 搪瓷鐵器之製法大要

本章說明製法之大概以作後章之預備。

第一節 鋼片搪瓷器

鋼片搪瓷器之製造工程可分三部：第一，鋼片胎即製品胎心之製作，第二，塗燒於鋼片胎之玻璃質即珐瑯釉藥之製造，第三，塗燒珐瑯釉於鋼片胎上即「塗燒」等是也。茲分別述之於下：

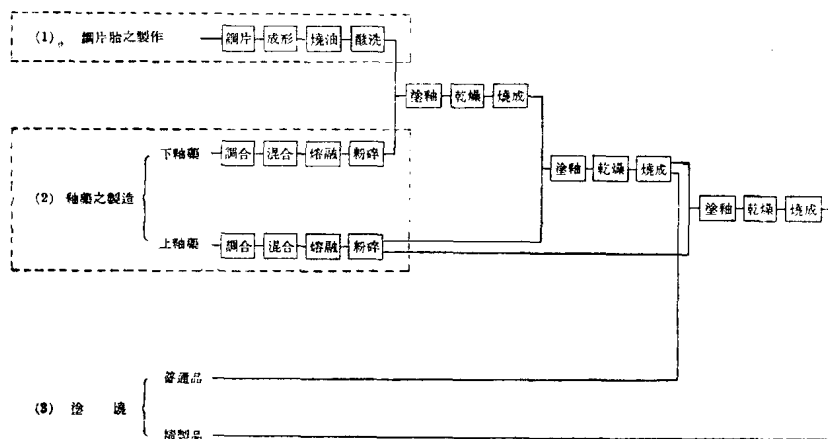
1. 鋼片胎之製作 鋼片胎之製作方法因其形狀而異，最普通用品如面盆、鍋類等，係將軟鋼片切成一定大小之圓片，置入固定於壓機之模型中，以壓機壓之使其成形。如斯所得之品有皺紋，以平皺機舒展之後，捲其緣邊。如鍋類之需要柄鑲者，則裝柄鑲於其上；提桶、開水壺等形狀複雜者，則以抱合法或熔接法使之成形；如酒樽等之厚實者，多為熔接成形。

如斯成形物用燒油窖燒去其附着之油垢，及其他污物。此操作稱為燒油(cleaning)。其次以硫酸或鹽酸處理之，除去器物表面被覆之氧化膜。此操作稱為酸洗(picking)。經酸洗後，用水洗之，再以稀鹼液處理之，以中和殘留於器物表面之酸，然後乾燥之，完成鋼片胎之製作。

2. 釉藥之製造 釉藥分為上珐瑯釉與下珐瑯釉藥兩種，前已述之。其製法殆無差異，先依所定之配合量秤取原料，調合混和後，放入熔窖中熔融之。熔融所得之玻璃質，引入冷水中，使質變脆，俾易細碎。如此所得玻璃質之熔融物稱為熔塊(frit)，將熔塊及後添料(mill addition)與水共入粉碎機中，粉碎細磨，使成適於塗附之糊狀泥漿，以便塗於鐵

器。此泥漿物稱為泥釉(slip)，供塗釉之用。

3. 塗燒 先將下珐瑯泥釉塗於鋼片胎，乾燥後以燒成窖燒成之。然後將上珐瑯泥釉塗於其上，同樣乾燥燒成之。此燒成之器物為普通品，若製上等品，則須再行一次上釉、乾燥、燒成操作。又若為繪花品，則於繪花後再行燒成一次。茲將上述製造之程序列表如下，俾易明瞭。



鋼片搪瓷器之製法，觀乎此表，即可知其概要矣。因此，次述之鋼片，珐瑯釉藥，工資等各佔生產費之幾成，及後章所述鋼片，釉藥或其他工程之重要性，均易理會。生產費之詳情，依製品之種類，及原料市價之變動，不能一定。茲所述者，不過概念耳。日本在侵華戰爭前，其平時製造薄片搪瓷鐵器普通品，各項費用所佔生產費總額之百分率，舉一例如下：

鐵胎製造費	約 58%
釉藥費	約 26%
塗燒費	約 16%

又就鋼片、釉藥原料、製造費等三者而言，各所佔之百分率，大概如下：

鋼片費	約 50%
釉藥原料費	約 22%
全部製造費	約 28%

由此觀之，鋼片一項，約佔生產費總額之半，而全部製造費即工資，煤炭及其他消耗品等諸費用之和，約為 28%，較其他窯業為少，此應注意者也。

第二節 鑄鐵搪瓷器

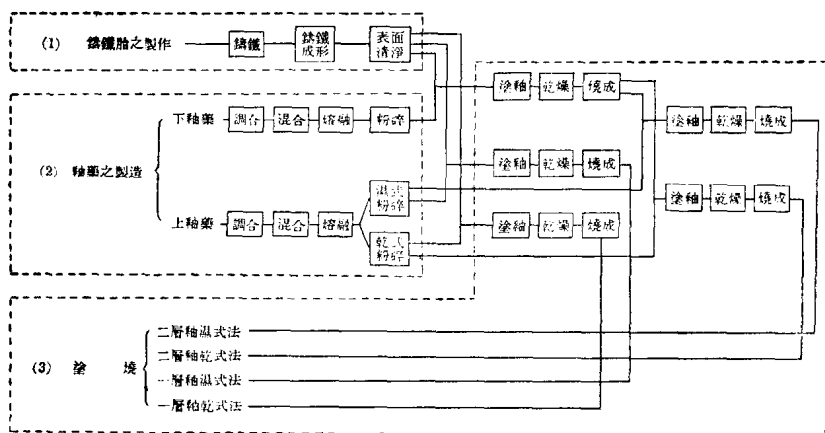
鑄鐵搪瓷器之製造法亦分三部：即（1）鑄鐵胎之製作，（2）釉藥之製造，（3）塗珐瑯釉藥於鑄鐵胎上而燒之是也。此三階段雖與鋼片搪瓷器同，然其操作則有稍異之點。蓋二者胎心所用之鐵，性狀不同，因之稍異，乃當然之理也。

1. 鑄鐵胎之製作 以小熔鐵爐(cupola furnace)熔融灰色生鐵，使流入其所要形狀之鑄型中，鑄成所要形狀之器物。如此所得之鑄鐵胎因附有石墨(乃預塗於鑄型者)，故以小磨石擦去之，或用噴砂機充分清淨其表面。普通不行酸洗，即以清淨之鑄鐵胎直接供塗釉之用。

2. 釉藥之製造 與鋼片搪瓷器同樣行調合、混合、熔融、粉碎等操作。所異者其施釉亦有採乾式法，因之粉碎時不加水，使成粉狀釉藥耳。

3. 塗燒 此操作有溼式法及乾式法二種，溼式法與鋼片搪瓷器完全相同。乾式法中，下釉藥之塗釉與溼式法同樣，上釉藥之施釉則與前不同，所謂乾式即在乎此。此法係將已塗下釉藥之乾燥器物送入窯內燒成之，由窯取出即於此灼熱器物上篩布釉粉，使稍熔融，少時送入窯內，取出後則器物成矣。

上述施塗下釉藥者，乃所謂二層釉法；其不塗下釉藥而以易熔性釉藥一次塗布者，謂之一層釉法。此種方式亦分溼式法與乾式法兩種。茲將其製造工程圖示如下：



鑄鐵搪瓷器之生產費因鐵胎品質千差萬別，計算結果各不相同，欲得普通標準，殊非易事。

以上已將搪瓷鐵器製法之大要記述完畢。以下當將其製造之詳情分為：鐵胎之製作、釉藥之製造、塗燒、各章，就其工程及有關之諸事項記述之。

第三章 鐵胎之製作

第一節 鋼片器

1. 鐵片 普通爲軟鋼片，即以西門子馬丁（Siemens Martin）法製得之鋼塊，用軋機（roll）壓展成薄片後，以酸洗滌，再行密封退火（annealing）而成者。近來對於不易壓榨成形之深形鐵器，已多採用含碳量較少之 Armco 鐵片。茲將普通軟鋼片及 Armco 鐵片所含之成分，比較如下：

	軟鋼片	Armco 鐵片
碳	0.110	0.020
硫	0.043	0.010
磷	0.036	0.008
矽	0.010	—
錳	0.065	0.060

搪瓷鐵器所用之鋼鐵片，以成形之際，不破裂，不膨脹，燒釉時不起泡等爲必要條件。此種鋼鐵片向由英、美、德國輸入，近來日本亦有出品，我國現正積極研究中。鋼鐵片關係製造經濟至大，故搪瓷業者莫不考慮周到使不糜費也。雖亦有購買所要尺寸之圓片以供用者，然普通多購買 12 張一紮之長方片，切之使成所要尺寸之圓片，以供使用。切下殘餘之片，則充分利用之，以製水壺嘴、柄、鑲、羹匙等小形物。又爲減輕鋼鐵片之費用計，盡量採用較薄之片，然鋼鐵片過薄，則在製作時易起破裂，且製品遇碰擊時亦易生凹，有損其堅牢度，故薄雖價廉，應有限度。

普通使用最廣者爲約 0.3 mm. 厚之鋼片，但厚搪瓷器如招牌、酒桶等則用 0.5 mm. ~ 1.0 mm. 厚之鋼片製造之。

鋼片之厚度普通以規號 (gauge number) 表示之，但此號碼之厚，亦不一定，因各國各地之號碼雖同，厚薄各異也。茲將各國同號碼之厚，列表於下，以便參照。

規號	德	英	美
16	1.37 mm.	1.586 mm.	1.590 mm.
18	1.12 mm.	1.256 mm.	1.270 mm.
20	0.87 mm.	0.995 mm.	0.954 mm.
22	0.62 mm.	0.793 mm.	0.794 mm.
24	0.50 mm.	0.628 mm.	0.635 mm.
26	0.37 mm.	0.498 mm.	0.476 mm.
27	——	0.443 mm.	0.437 mm.
28	——	0.397 mm.	0.397 mm.
29	——	0.353 mm.	0.357 mm.
30	——	0.312 mm.	0.317 mm.

普通買賣鋼片，以一紮之張數表其厚。一紮之重量爲 50 kg.，每張之大小爲 3 呎 × 6 呎，常有一定，故由一紮之張數，即可判定其每張之厚度。茲將美國號碼與其張數及單位面積之重量對照，列表於下：

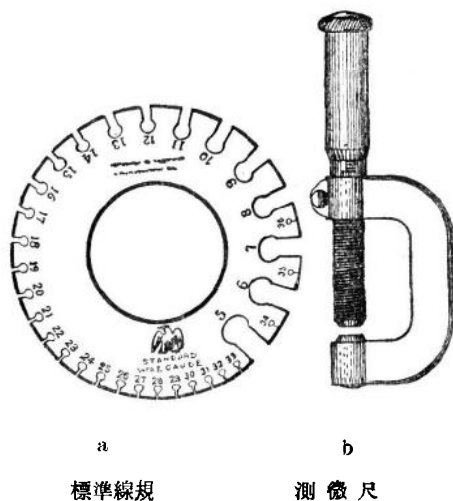
一紮之 張 數	規號	厚(吋)	厚(毫米) (mm.)	磅/呎 ²	kg./m. ²
——	16	0.0625	1.590	2.50	3.7206
3	18	0.0500	1.270	2.00	2.9765
4	20	0.0375	0.954	1.50	2.2324
5	22	0.03125	0.794	1.25	1.8603

6	24	0.0250	0.635	1.00	1.4951
7	25	—	—	—	—
8	26	0.01875	0.476	0.75	1.1162
9	27	0.0171875	0.437	0.6875	1.0232
10	28	0.015625	0.397	0.625	0.9301
11	29	0.0140625	0.357	0.5625	0.8371
12	30	0.0125	0.317	0.50	0.7441
13	30½	—	—	—	—

用如第 1 圖之器具可以測定鐵板之厚。

2. 成形 鋼片器之成

形，常隨所要器物之形狀而異其製作工程，自不待言。茲以面盆胎之製作工程為代表略說明之。初以圓切機隨所要之尺寸切取圓片，塗油於其緣邊，以壓機壓成所要之形。壓機為製造鐵器所用最重要之機械，以前多由歐美各國輸入，就中以德產為多。壓機中須裝入與所要之形相



標準線規

測微尺

第 1 圖

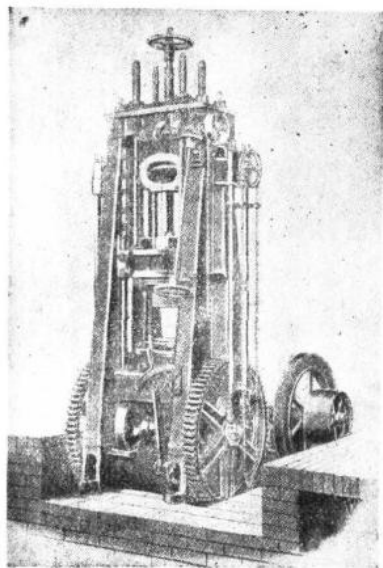
當之模型。型之設計極關重要，若技術不精，設計拙劣，則鋼片易破裂或多生皺紋，故注意選擇適當之模型，最為緊要。淺形器物一次壓之即可成形；若為較深之器物，則須初淺漸深，分為二次或三次壓之，使之成形，壓成之器物，常現皺紋，須除去之。惟在除皺之前，須將因壓製操作所起之硬化，用燒油窖燒之（即所謂退火），使還原軟化後，以平皺機舒展之

以去其皺。次用切捲機剪去其不整之邊口，并捲其邊。

面盆等之成形，如此即已竣工，若鍋類則須以鉚釘或熔接法接柄於其上。

其他提桶、水壺類等之成形，多以抱合工作或熔接法行之。在熔接法中若為薄物則用電熔接，倘係厚物則以氬氣與氧氣或氧氣與乙炔(acetylene)之混合氣體燃燒熱以熔接之。

3. 燒油 由各種機械的操作而成形之鐵器，其表面常附有油垢及其他污物，須以火燒去之，此操作稱為燒油。燒油所用之窖，若用一面開口之反射爐，雖結果不甚優良，有過燒與燒不足之患，然操作簡單，可省工費。歐、美各國均用兩面開口之隔焰窖(muffle kiln)燒之，器物從此方之口送入，由他方之口取出，可免過燒及燒



第2圖 壓機



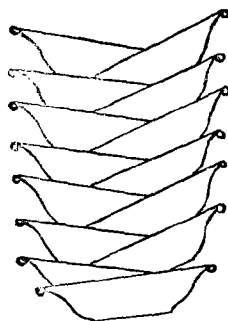
第3圖 平鐵機

不足之缺點。此兩種窖之溫度均在 $650^{\circ} \sim 700^{\circ}\text{C}.$ ，灼熱時間以約5分鐘為適當。器物入窖宜如第5圖之避免堆疊接觸。總之，務使其無燒灼

不足致油未燒盡，或因過燒致鐵器表面生厚氧化被膜，而減損鐵器爲要。燒油操作難免損及鐵器，故歐、美各國多用鹼溶液或有機溶劑使之脫脂清淨，近來又研究通電流於鹼溶液以行清淨之方法。

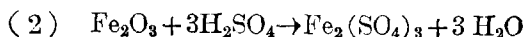


第4圖 電熔接機



第5圖

4. 酸洗 燒油後之鐵器表面，常附有氧化鐵之薄層，須用酸液洗去之，此操作稱爲酸洗。行此操作之酸浴，所用之酸普通爲工業用 60% 之硫酸以 10 倍之水稀釋之者，或用 33% 之鹽酸約以 3 倍之水稀釋之者。用鹽酸時雖冷液亦無妨礙，硫酸則應吹入蒸汽於浴中使達 60°C 爲要。此外亦有用製造硝酸時之副產物酸性亞硫酸鈉者。更有添加有機物例如煤渣之衍生物於上述之酸液中者。此等物質皆有促進酸之作用，節約酸之用量，和緩鐵器面之腐蝕等效云。盛酸液之浴槽以使用木桶或水泥槽之塗布土瀝青 (asphalt) 者爲常，間有採用耐酸金屬所製之槽者。酸洗操作係將鐵器不相接觸地裝於籠內行之，或用橡皮手套以手工浸漬於酸浴中。此時所起之化學反應爲：



酸液稀薄時不起(2)之反應，以(1)之反應為主。此時所生之氫能使氧化鐵之被膜剝落，沈於浴槽之底，鐵器因之清淨。鐵器浸漬於酸浴中之時間，依其大小及酸之濃淡等頗難一定，大概面盆等約以 20 分鐘為普通。當鐵器已見清淨時，即取出移入於水槽內，同時將其次之鐵器連續浸漬於酸浴槽中。酸因繼續操作，漸次消耗，宜時時補充之。酸液至少每日須換新一次。移於水槽之鐵器，宜以洗帚擦其表面，充分洗滌之，以除去酸分，然後將鐵器浸漬於含 1 % 苛性鈉之沸水鍋中，以中和其殘留之微量酸，並以防銹。約數分鐘後，取出之，放置於熱爐之煙道上使之乾燥。乾燥之鐵器運往窯廠，加以選擇，其有凹者用木槌擊之以整其形，有破孔者廢棄之，無缺點者供塗釉之用。



第 6 圖 酸洗作業

5. 鐵器之回復法 塗釉燒成之製品，發現損壞時，有除去其瑣瑣釉，使之復成鐵胎者。然因操作頗難，且需費不少，故普通製品不施行之，惟胎價特別昂貴者始施行之。

回復之法有數種：(甲)以鐵槌擊去釉藥，但此種機械的方法不能充分達其目的，(乙)以氟化氫或無機酸除去釉藥，然同時侵蝕鐵器亦不適當，(丙)用鹼液除去之，鹼能侵犯釉藥，而不傷鐵器，最為相宜。此法係浸器物於煮沸氫氧化鈉之飽和溶液中約 24 小時(以其作用極為緩慢故須長時間)，又熔融氫氧化鈉或氫氧化鉀於鑄鐵鍋內，浸器物於其中，容易剝去釉藥，但此操作常生危險，須特別注意。

第二節 鑄鐵器

1. 生鐵 生鐵有白色與灰色兩種，前者含矽及石墨之量少，其質脆弱，後者含矽及石墨之量較多，其質強韌。製造鑄鐵搪瓷器所用之生鐵以後者為宜，與鋼片相比，含碳、硫、磷、矽、錳等之量較多。鑄鐵搪瓷器由於此種成分上之差異，其製法遂不能與鋼片搪瓷器相同，而製造上亦有困難。鑄鐵之成分因其產地而異，適於製造鑄鐵搪瓷器者，其成分之範圍為C 3.5~3.7%，Si 2.4~2.8%，Mn 0.5~0.8%，P 0.8~1.3%，S<0.1%。

茲將實際所用之鑄鐵成分，舉示數例於下。

	1	2	3
結合碳	0.14	0.28	0.75
遊離碳	3.54	3.01	2.50
矽	2.80	2.55	1.95
磷	0.75	0.70	0.30
硫	0.01	0.02	0.02
錳	0.30	0.40	0.53

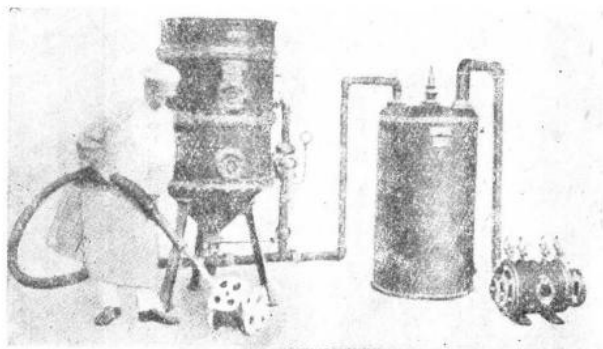
此等鐵中所含夾雜成分之作用大概如下：

碳以結合碳（與鐵結合者）及遊離碳（石墨狀 graphite）二種形態存在於鐵中。就中，後者能使鑄鐵強韌。矽有誘導結合碳成遊離碳之作用。碳使鑄鐵脆弱。磷使鑄鐵易熔，然多量存在則亦使鑄鐵脆弱。錳與硫化合成硫化錳，硫之含量過多時能減殺其有害作用。

2. 成形 用小熔鐵爐熔融灰色生鐵，使成鐵漿，注入預先作成所要之形之陰型鑄模中，待其冷卻凝固，即成所要之器物。此種鑄造工作，乃鑄鐵廠之事，茲略之。

3. 清淨 鑄鐵器雖亦有行退火處理者，但普通不施行之。其次如鋼鐵器之行酸洗清淨處理，現今亦殆無採用之者。普通皆係研磨其表面

而清淨之。往時技術未精，僅用磨石行手工磨擦，自非善法；現今之進步的方法，則採用如第 7 圖所示之噴砂機，以行機械的操作，能使之完全清淨。



第 7 圖 噴砂機

Krynitsky 及 Harrison 兩氏曾研究鑄鐵胎影響於搪瓷製品之情形，報告結果如下：

鑄鐵器之物理的缺點，其原因多在海綿質 (sponginess) 之發生氣泡，而鑄鐵表面之薄皮中含結合碳不多時或安定時，不生氣泡，否則常生氣泡。故須用噴砂機等除去此薄皮以防止之。又鑄中之矽能使結合碳變為石墨，當行下釉藥之燒成時，在熔融前能將其氧化為 CO 或 CO_2 而逃逸，故矽之存在，實能得良好之結果云。(B. of S. J. of Research, Vol. 1230, 1930)。